

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-041711

(43)Date of publication of application : 12.02.1999

(51)Int.Cl.

B60L 11/18

B60L 3/00

B60L 7/10

H02J 7/00

H02J 7/10

(21)Application number : 09-191624

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 16.07.1997

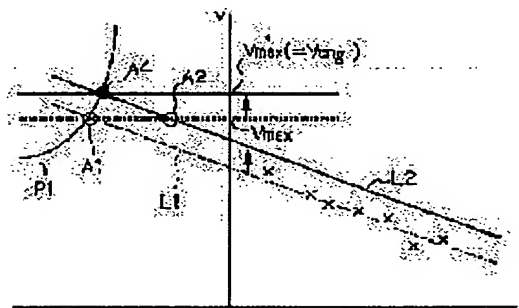
(72)Inventor : TSUJI TADASHI

(54) METHOD FOR CALCULATING REGENERABLE POTENTIAL POWER AND METHOD FOR CONTROLLING REGENERATIVE CHARGING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a regenerable potential power calculating method which enables the regenerable potential power to be accurately calculated, independently of the precision of a voltage measuring system or cell voltage dispersion inside a battery set.

SOLUTION: In a regenerable potential power calculating method, which calculates the regenerable potential power of batteries based on the voltage and current values during an electrical discharge, the effect of the change of the characteristics of the batteries or the error in the voltage measurement on the calculation of a regenerable potential power value is reduced by setting a maximum voltage V_{max}' value at the time of calculating the regenerable potential power, based on the measured discharge voltage value V_{cgh} of the batteries in a fully charged state. Also, the regenerative charging of the batteries, based on the calculated value of the regenerable potential power so obtained, charges the batteries with appropriate regenerative charging power.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.04.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-41711

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月12日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

B 6 0 L 11/18

B 6 0 L 11/18

A

3/00

3/00

S

7/10

7/10

H 0 2 J 7/00

H 0 2 J 7/00

P

L

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平9-191624

(22) 出願日

平成9年(1997) 7月16日

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 辻 匡

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74) 代理人 弁理士 永井 冬紀

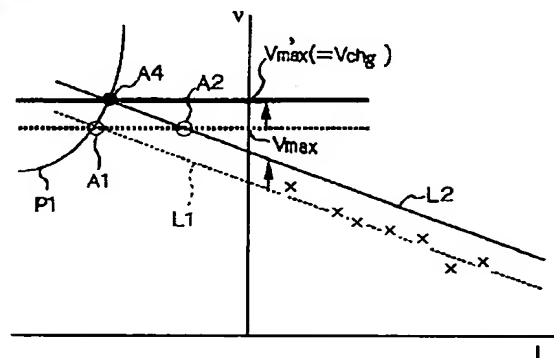
(54) 【発明の名称】 回生可能パワー演算方法および回生充電制御方法

(57) 【要約】

【課題】 電圧計測系の精度や組電池内のセル電圧分布に依らず回生可能パワーを精度良く算出することができる回生可能パワー演算方法の提供。

【解決手段】 放電中の電圧値および電流値に基づいて電池の回生可能パワーを算出する回生可能パワー演算方法であって、満充電状態における電池の放電電圧計測値 V_{cgh} に基づいて回生可能パワー演算時の上限電圧値 $P_{max'}$ を設定することによって、回生可能パワー演算値への電池特性の変化や電圧計測誤差の影響を低減するようにした。また、このようにして得られた回生可能パワー演算値に基づいて電池の回生充電を行うことにより、適正な回生充電パワーで充電が行われる。

【図 1】



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 駆動モータへの負荷を電力に変換してモータ駆動用電池を回生充電する電気車の回生可能パワー演算方法において、

放電中の電圧値および電流値に基づいて前記電池の回生可能パワーを算出するにあたって、満充電状態における前記電池の放電電圧計測値に基づいて回生可能パワー演算時の上限電圧値を設定するようにしたことを特徴とする回生可能パワー演算方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の回生可能パワー演算方法において、
前記電池は複数のセルが直列に接続された組電池であって、前記上限電圧値として満充電状態における前記組電池の放電電圧計測値を用いることを特徴とする回生可能パワー演算方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の回生可能パワー演算方法により得られる回生可能パワー演算値に基づいて前記電池の回生充電を行うことを特徴とする回生充電制御方法。

【請求項 4】 駆動モータへの負荷を電力に変換してモータ駆動用電池を回生充電する電気車の回生充電制御方法において、
回生充電時の回生充電停止電圧を満充電状態における前記電池の放電電圧計測値に基づいて算出することを特徴とする回生充電制御方法。

【請求項 5】 駆動モータへの負荷を電力に変換してモータ駆動用電池を回生充電する電気車の回生充電制御方法において、
回生充電時の回生充電停止電圧を満充電状態における前記電池の放電電圧計測値より大きく設定したことを特徴とする回生充電制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気自動車等の電気車に搭載されるモータ駆動用電池の回生可能パワー演算方法および回生充電制御方法に関する。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】電気自動車等の電気車に搭載されている電池を回生充電する際には、図 5 に示すように、まず放電中に電流 I 、電圧 V をサンプリングし、それらのサンプリングデータ（×印で示す）に基づいて $V-I$ 特性の回帰曲線 $L1$ を求める。次いで、回生可能パワー演算値の目標電圧である車両または電池の上限電圧 V_{max} を示す直線と回帰直線 $L1$ との交点 $A1$ にお

$$V_a = (-\Delta V + v_{chg} \times n) + V_e + \{ (v_a - v_{chg}) \times n \} \quad \cdots (3)$$

ここで、 v_a はセルの回生許容電圧ある。例えば、 $n = 96$ 、 $V_e = +8$ (V)、 $v_{chg} = 4.0$ (V)、 $v_a = 4.1$ (V) とすると、 $\Delta V = 30$ (mV) $\times 96 \approx 3.0$ (V) となり、上限電圧 V_{max} は 389 (V)、回生充電停止電圧 V_a は約 399 (V) と算出される。

ける電流値 I_{cmax1} を求め、次式 (1) により回生可能パワー演算値 P_{max1} を算出する。

$$\text{【数 1】 } P_{max1} = I_{cmax1} \times V_{max} \quad \cdots (1)$$

【0003】ところが、上述したサンプリングデータ（×印）や回帰直線 $L1$ は電圧計測誤差が無いとした場合のものであり、実際に得られる回帰直線 $L2$ は上述した回帰直線 $L1$ に対して電圧計測誤差分だけずれてしまう。その結果、直線 $L2$ と上限電圧 V_{max} との交点 $A2$ の電流値 I_{cmax2} から算出される回生可能パワー演算値 P_{max2} は、電池の実際の回生可能パワー演算値 P_{max1} より小さな値となってしまう。 P_{max2} のように実際よりも過小に見積もられた回生可能パワー演算値に基づいて回生制御を行った場合には、回生パワーを実際に電池が受入れ可能なパワーより小さく制御するため充分な回生が行われないという欠点がある。逆に、回帰曲線 $L3$ のように曲線 $L1$ より図の下方にずれた場合には、交点 $A3$ の I_{cmax3} の大きさは I_{cmax1} より大きくなるため、算出される回生可能パワー演算値 P_{max3} は実際の回生可能パワー P_{max1} より大きくなる。そして、このように過大に見積もられた回生可能パワー演算値 P_{max3} で回生制御を行った場合には、回生充電中に電池の過電圧充電を防止する機能が作動して回生途中に回生が停止し、回生ブレーキの動作が停止するという可能性がある。なお、図 5 において、各曲線 P_{max1} 、 P_{max2} 、 P_{max3} はパワー P_{max1} 、 P_{max2} 、 P_{max3} の等パワー曲線を示している。

【0004】そこで、電池の上限電圧 V_{max} を次式 (2) のように補正することにより回生可能パワー演算値の算出精度向上を図り、上述したような問題が発生しないようにしている。

【数 2】

$$V_{max} = (-\Delta V + v_{chg} \times n) + V_e \quad \cdots (2)$$

なお、電池は複数のセルを直列接続した組電池であり、式 (2) において n は組電池を構成するセルの総数、 V_e は電圧計測誤差、 v_{chg} はセルの充電電圧である。 V_e および v_{chg} は、計測系および電池に応じて予め所定の値に設定される。また、 ΔV はセル間の電圧ばらつきを考慮して定められる定数であり、例えば、ばらつきが ± 30 (mV) の場合には $\Delta V = 30$ (mV) \times (セル数) で与えられる。

【0005】また、このようにして得られた回生可能パワー演算値 P_{max} を用いて回生充電を行う際には次式 (3) で算出される回生充電停止電圧 V_a が用いられる。

【数 3】

【0006】しかしながら、セル間電圧のばらつき ΔV が電池の温度変化や経時変化により変化するとともに、電圧計測誤差 V_e についても計測系の固体差によって異なる。そのため、式 (2)、(3) のように ΔV および V_e を一定と推定して算出した回生可能パワー演算値や

回生充電停止電圧は最適な値からずれてしまい、効果的な回生充電を行うことができない。

【0007】本発明の目的は、電圧計測系の精度に依らず回生可能パワーを精度良く算出することができる回生可能パワー演算方法、および、回生充電を効率良く行わせることができる回生充電制御方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

(1) 請求項1の発明は、駆動モータへの負荷を電力に変換してモータ駆動用電池を回生充電する電気車の回生可能パワー演算方法に適用され、放電中の電圧値および電流値に基づいて電池の回生可能パワーを算出するにあたって、満充電状態における電池の放電電圧計測値に基づいて回生可能パワー演算時の上限電圧値を設定することによって、回生可能パワー演算値への電池特性の変化や電圧計測誤差の影響を低減するようにした。

(2) 請求項の発明は、請求項1に記載の回生可能パワー演算方法において、電池は複数のセルからなる組電池であって、上限電圧値として満充電状態における組電池の放電電圧計測値を用いる。

(3) 請求項3の発明は、請求項1または2に記載の回生可能パワー演算方法により得られる回生可能パワー演算値に基づいて電池の回生充電を行うことにより、適正な回生充電パワーで充電が行われる。

(4) 請求項4の発明は、駆動モータへの負荷を電力に変換してモータ駆動用電池を回生充電する電気車の回生充電制御方法に適用され、回生充電時の回生充電停止電圧を満充電状態における電池の放電電圧計測値に基づいて算出することにより、回生充電停止電圧への電池特性の変化や電圧計測誤差の影響を低減することができる。

(5) 請求項5の発明は、駆動モータへの負荷を電力に変換してモータ駆動用電池を回生充電する電気車の回生充電制御方法に適用され、回生充電時の回生充電停止電圧を満充電状態における電池の放電電圧計測値より大きく設定したことにより、満充電時でも回生電力の受入を可能とした。

【0009】

【発明の効果】以上説明したように、

(1) 請求項1および2の発明によれば、上限電圧値に電池特性の変化や電圧計測誤差が含まれるようにしたので、回生可能パワー演算値への電池特性の変化や電圧計測誤差の影響を低減することができる。その結果、回生可能パワー演算値が精度良く算出され、電池の充電を効率良く行うことができる。特に、請求項2の発明では、組電池を構成するセル間の電圧ばらつきの影響を低減できる。

(2) 請求項3の発明によれば、回生充電時の回生可能パワー演算値がより適正な値となるため、回生充電の効率が向上する。

(3) 請求項4の発明によれば、回生充電停止電圧への電池特性の変化や電圧計測誤差の影響を低減できるため精度良く回生充電制御を行うことができ、回生充電が不十分になったり、回生充電中に回生ブレーキが突然停止したりするようなことを避けることができる。

(4) 請求項5の発明によれば、満充電時でも回生電力の受入が可能となる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、図1～図4を参照して本発明の実施の形態を説明する。図2は、電気自動車の走行駆動機構の構成を示すブロック図である。電池11はインバータ12に直流電力を供給し、インバータ12は直流電力を交流電力に変換してモータ13へ電力を供給する。また、回生時には車両の走行エネルギーがモータ13およびインバータ12を介して電気エネルギーに逆変換され、電池11が充電されるとともに車両に回生ブレーキがかかる。電圧センサ14は電池11の両端電圧Vを検出し、電流センサ15は電池11に流れる電流Iを検出する。17は電池11の温度Tを検出する温度センサである。なお、電流Iは、モータ駆動時に電池11からインバータ12へ流れる方向を正とし、回生充電時にインバータ12から電池11へ流れる方向を負とする。コントローラ16は、電圧センサ14および電流センサ15により検出された電圧Vと電流Iとに基づいて、放電可能パワーと回生可能パワーを演算し、演算結果に基づいてインバータ12の出力制御や回生制御などを行なう。なお、電池11は複数のセルを直列に接続した組電池である。

【0011】図1は本発明による回生可能パワー演算方法を説明する図であり、図5と同様の図である。本実施の形態では、充電を終了した状態（満充電状態）における組電池の放電時の電圧を計測し、その電圧計測値Vchgを回生可能パワー演算の際の上限電圧Vmax'とする。この電圧計測値Vchgには、前述したセル電圧のばらつきΔVおよび電圧計測誤差Veが含まれている。すなわち、満充電状態におけるセル電圧vchg（ただし、劣化等による変化が無いと仮定した場合の値）を4.0

(V)とすると、セル数n=96の場合には組電池電圧は4.0×96=384(V)となるはずであるが、実際に計測される電圧VchgはVchg=384+δとなる。セル電圧のばらつきΔVや電圧計測誤差Veはこの偏差δに含まれている。

【0012】例えば、Vchgに含まれる偏差δが+5(V)であれば389(V)が計測され、偏差δが+2(V)であれば387(V)が計測される。そして、セル電圧ばらつきΔVや電圧計測誤差Veの影響によって回生可能パワー演算時の回帰直線L1が直線L2のようにずれても、上限電圧Vmax' (=Vchg)もΔVやVeの変化に応じて図1に示すようにずれるため、上限電圧Vmax'の直線と回帰直線L2との交点A4は点A1の場合と

同一の等パワー曲線 P1 上に位置する。すなわち、交点 A4 から得られる回生可能パワー演算値は $P_{\max 1}$ となる。

【0013】このように上限電圧を設定することにより、回生可能パワー演算値からセル電圧のばらつきや電圧計測誤差の影響を排除ことができ、最適な回生可能パワー演算値を得ることができる。また、回生充電停止電圧に関しては、例えばセル当りの許容値が 0.1

(V) であれば、全体で $0.1 \times 96 \approx 10$ (V) の許容幅を考慮して $V_{\text{chg}} + 10$ を回生充電停止電圧 V_s とすることにより、セル電圧のばらつきや電圧計測誤差を考慮した最適な値となる。

【0014】図 3 は電池充電の際の充電パターンの一例を説明するための図であり、(a) は充電電力 P の変化、(b) は最も SOC の高いセルのセル電圧 V の変化、(c) は充電停止信号の変化、(d) は充電電流の変化をそれぞれ示す図である。充電パターンは、充電開始から ΔP のステップで目標電力値 P_{\max} まで徐々に電力を上昇させるソフトスタートモードと、一定の電力で充電を行う定電力充電 (CP) モードと、充電末期に ΔI のステップで電流値を徐々に減少させる多段定電流充電 (CC) モードから成る。ここでは、充電停止電圧 V_s (一般的には $V_s = V_{\text{chg}}$ と設定する) が関係する CC モードを中心に説明する。

【0015】図 3 (c) に示す充電停止信号は、電圧 V が上述の充電停止電圧 V_s より小さいときには値 L を、電圧 V が V_s 以上のときに値 H をとり、信号が L になったときに電流 I を ΔI だけ小さくする。CP モードで充電を続けると電圧 V は徐々に上昇し、時刻 t2 において充電停止電圧 V_s となる。電圧 V が V_s となると充電停止信号は H から L に変化し、電流 I が ΔI だけ小さくされる。電流 I が小さくなると電圧 V が一旦減少するが、時間の経過とともに徐々に上昇する。そして、時刻 t3 において再び電圧 V が V_s となったならば、信号が H から L に変化するとともに電流 I がさらに ΔI だけ小さくされる。このような手順が繰返し行われ、電流 I が充電終了目標電流 I_s に達したならば (時刻 t6) 充電を終了する。

【0016】次に、回生制限制御の一例を説明する。図 4 は総電圧フィードバックによる回生制限制御を説明するタイムチャートであり、(a) は充電電力 P、(b) は電圧、(c) は電流のそれぞれの変化を示す図である。なお、電流に関しては放電の場合をプラスとし、充電の場合をマイナスとした。図 4 に示す制御では、電圧 V が充電停止電圧 V_s を越えた時に制限係数 J により充電電力 P を補正して回生制限を行なう。この回生制限は所定時間 T2 ごとに繰返し、電圧 V が充電停止電圧 V_s 以下になるまで行なう。

【0017】まず、回生可能パワー演算値 P_{\max} に基づいて時刻 t1 に回生充電を開始する。時刻 t2 で電圧 V

が充電停止電圧 V_s を越えたならば、制限係数 J を 1 から j に更新し充電電力 P を P_{\max} から $j \cdot P_{\max}$ に変更する。なお、実際には、制限係数 J の変更から実際に充電電力が $j \cdot P_{\max}$ になるまでには制御遅延時間 T1 が発生するので、時刻 t3 に充電電力が $j \cdot P_{\max}$ となる。この結果、電流 I および電圧 V が減少する。時刻 t2 から T2 時間後の時刻 t4 において、電圧 V と充電停止電圧 V_s を比較し、 $V > V_s$ であれば制限係数 J を更新して出力を制限し、 $V \leq V_s$ であれば制限係数 J および充電電力 P を変更しない。図 4 に示した例では、時刻 t4 で $V > V_s$ であるから、制限係数 J を j^2 とする。制御遅延時間 T1 後の時刻 t5 で充電電力が $j^2 \cdot P_{\max}$ とされ、電流 I および電圧 V が減少する。次に、時刻 t4 から T2 時間後の時刻 t6 においても、 $V > V_s$ であるから制限係数 J を j^3 に更新する。制御遅延時間 T1 後の時刻 t7 で充電電力が $j^3 \cdot P_{\max}$ とされ、電流 I および電圧 V が減少する。時刻 t6 から T2 時間後の時刻 t8 では、電圧 V が充電停止電圧 V_s よりも低く、したがって制限係数 J を更新しない。

【0018】回生充電開始直後の時刻 t1 から t8 までの期間は、充電電力がオーバーシュートし、充電電力 P が T2 時間ごとに頻繁に制限されている。この回生充電開始直後の充電電力のオーバーシュートは回生可能パワー演算値 P_{\max} の演算誤差に起因するものであり、上述した回生可能パワー演算値の算出方法によればかなり精度良く算出されるため、オーバーシュートの回数が少なくなる。一方、定常状態になった時刻 t9 において、再び $V > V_s$ がとなって制限係数 J が j^4 に更新される。制御遅延時間 T1 後の時刻 t10 で充電電力が $j^4 \cdot P_{\max}$ に制限され、電流 I および電圧 V が減少する。この定常状態における充電電力の超過は、長時間にわたって充電が継続したためである。時刻 t12 において回生充電モードから放電モードに切り換わると、端子電圧 V は急激に低下し、この時点において制限係数 J を 1 にリセットする。

【0019】なお、回生制限処理の繰返し時間 T2 は制御遅延時間 T1 よりも長い時間とし、定数 j は充電電力のオーバーシュートが所定の収束時間内に 0 になるように $0 < j < 1$ の範囲で最適な値を設定する。

【0020】次に、満充電状態での回生受入電力と回生停止電圧について説明する。満充電状態における回生充電停止電圧 V_s を満充電電圧 V_{chg} と等しいとすると、内部抵抗による電圧降下があるので回生受入電力 = 0 になってしまう。しかし、このときの回生充電停止電圧 V_s を V_{chg} にたいして大きくすると、回生受入電力 $\neq 0$ となって満充電状態であっても回生充電が可能となる。この回生受入電力は回生充電停止電圧や電池温度によって異なり、満充電時開放電圧 4.15 (V) の電池の例を表 1 に示す。

【表 1】

【表1】

回生上限電圧 (V)	41.5	4.2	4.3	4.4	4.5
満充電時の回生受入れ 0℃	0	2.7	8.6	14.7	21.1
(kw) 30℃	0	11.6	33	-	-

表1に示す例では、回生停止電圧を4.3 (V) とすると、温度0℃で8.6 (kw)、温度30℃で33 (kw) の回生充電が可能となる。ここで、33 (kw) は車両として最大の回生電力である。

【0021】 前述したように、電圧計測値 V_{chg} には電圧計測誤差などが反映され精度良く求められるため、満充電時の充電停止電圧が電圧計測値 V_{chg} よりわずかに大きくなるように制御することが可能となる。つまり、満充電状態など高い充電電圧制御精度が要求される場合であっても有効に回生充電を行うことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による回生可能パワー演算方法を説明する図。

【図2】 電気自動車の走行駆動機構の構成を示すブロック図。

【図3】 充電パターンの一例を説明する図であり、

(a) は充電電力 P 、(b) は電圧 V 、(c) は充電停止信号、(d) は充電電流のそれぞれの変化を示す図。

【図4】 回生制限制御を説明するタイムチャートを示す

図であり、(a) は充電電力 P 、(b) は端子電圧、(c) は電流のそれぞれの変化を示す図である。

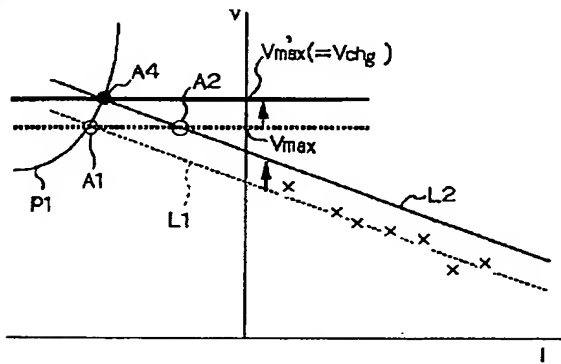
【図5】 回生可能パワー演算方法を説明する図。

【符号の説明】

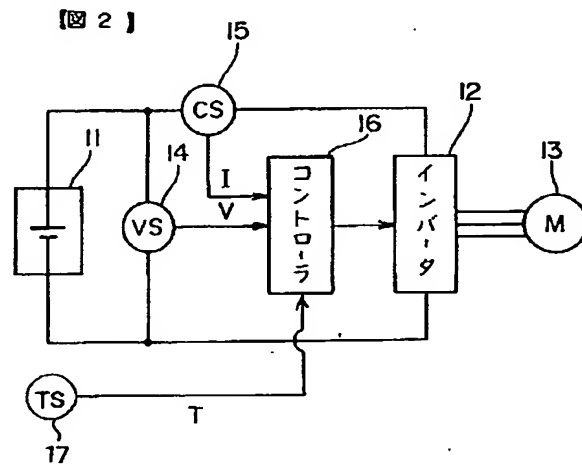
- 11 電池
- 12 インバータ
- 13 モータ
- 14 電圧センサ
- 15 電流センサ
- 16 コントローラ
- 17 温度センサ
- V_{chg} 電圧計測値
- V_e 電圧計測誤差
- V_s 充電停止電圧

【図1】

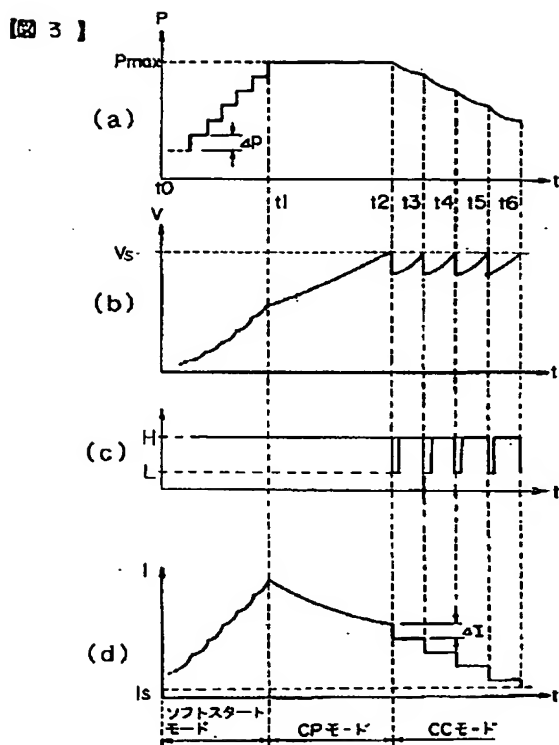
【図1】



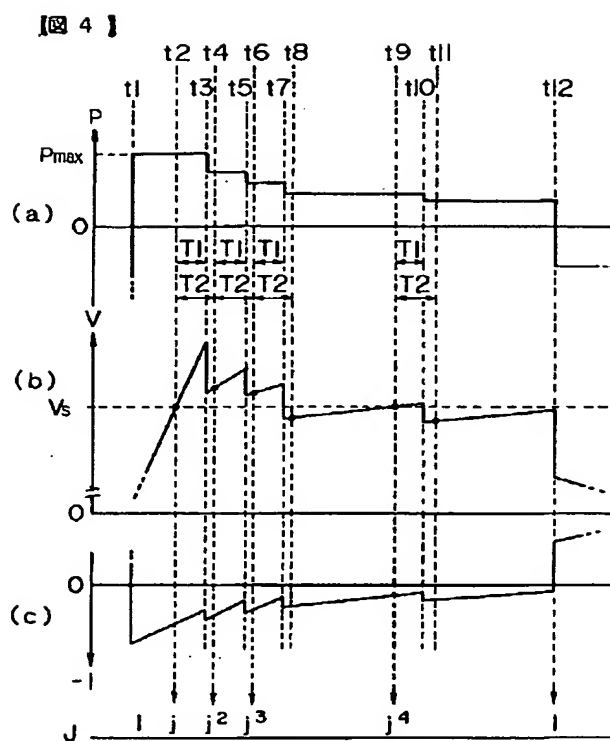
【図2】



【図 3】

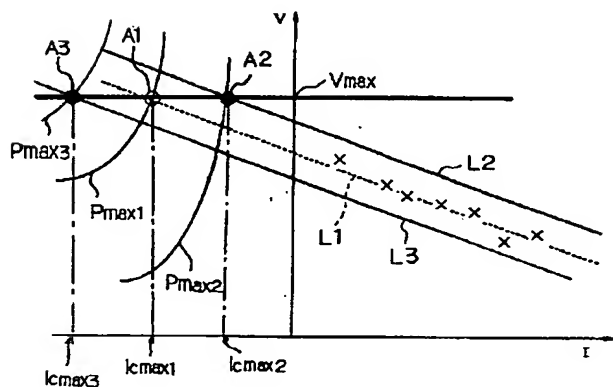


【図 4】



【図 5】

【図 5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H02J 7/10

識別記号

F I

H02J 7/10

H

B